

Der Clou mit den Knöllchen

Leguminosen als Eiweißgewinner

Hülsenfrüchtler bzw. Leguminosen bilden mit besonderen Bakterien Knöllchen an ihren Wurzeln. In faszinierender Symbiose binden diese Stickstoff und bilden daraus wertvolle Eiweiße. Davon profitieren die Pflanzen und das Bodenleben sowie die Tiere und Menschen, die sich von den Hülsenfrüchten ernähren. Ein spannendes Thema – nicht nur im Internationalen Jahr der Hülsenfrüchte.

Leguminosen gewinnen Stickstoff

Die Familie der Leguminosen ist sehr groß. Bekannte hier angebaute Arten sind die Futterleguminosen Luzerne und Klee sowie die Körnerleguminosen Erbse, Ackerbohne, Lupine, Linse und Soja. Je nach Art besitzen die Pflanzen eine Pfahlwurzel oder weit verzweigte Wurzeln, mit denen sie den Boden auflockern und auch an Nährstoffe in tieferen Bodenbereichen kommen.

Im Unterschied zu anderen Pflanzenfamilien bilden sie zusammen mit bestimmten Bakterien an ihren Wurzeln Knöllchen aus. Zweck ist eine erfolgreiche Symbiose: Die Bakterien binden Stickstoff aus der Luft (fast 80 Vol.-% N_2 in Atmosphäre, so auch in Luft in Bodenporen) und machen ihn für Pflanzen verfügbar. Im Gegenzug geben die Pflanzen Kohlenhydrate aus ihrer Fotosynthese an die Bakterien ab (als Energiequelle). Beide bekommen also Nährstoffe, die nur der andere Partner gewinnen kann. Hülsenfrüchtler brauchen daher keinen Stickstoffdünger und haben deshalb auf stickstoffarmen Böden einen klaren Vorteil. Viele von ihnen spielen eine wichtige Rolle als Pionierpflanzen auf z. B. Flächen, die rekultiviert werden.

KNÖLLCHENBAKTERIEN

- » heißen auch Rhizobien, ganz viele Bakterienstämme, spezifisch für Leguminosen-Arten
- » bilden Symbiose mit Pflanze und tauschen Nährstoffe aus
- » vermehren sich in Wurzelzellen und bilden Wucherungen/Wurzelknöllchen aus
- » an Farbe der Knöllchen ist ihr Alter und ihre Aktivität erkennbar
- » binden Luftstickstoff (N_2) aus kleinen Hohlräumen im Boden → lockerer Boden ohne Staunässe besser, wobei Ansprüche der Pflanzen an Böden/Standorte unterschiedlich
- » passende Bakterien in einheimischen Böden vorhanden, sonst „beimpfen“

Vielerlei Vorteile für Boden und Pflanzen

Die Pflanzen bauen aus dem Stickstoff Aminosäuren und daraus Eiweiße auf. Die Eiweißbausteine sind unverzichtbar für Wachstum, bei Pflanzen wie bei uns Menschen. Leguminosen haben viel Eiweiß zur Verfügung und rei-

LERNZIELE UND KOMPETENZEN:

Fächer: Biologie, Chemie, Hauswirtschaft, Erdkunde, Natur & Technik

- Die Schülerinnen und Schüler
- » bearbeiten den Text mit Fragen zu Leistung von Leguminosen;
 - » porträtieren bedeutsame Arten;
 - » beschriften eine Fruchtfolge;
 - » vertiefen ihr Wissen zum N-Kreislauf;
 - » beschreiben die Funktion eines Knöllchens und untersuchen seinen Aufbau;
 - » weisen Eiweiß in Früchten nach.

chern es in ihren Samen/Früchten an. Meist binden die Knöllchen sogar mehr Stickstoff, als die Pflanze verstoffwechselt und zum Wachsen „verbraucht“ kann. Heimische Körner- und Futterleguminosen können eine Fixierungsleistung von 300 kg Stickstoff je Hektar und mehr erreichen, wovon sie selbst nur einen kleinen Teil für ihren eigenen Stoffwechsel verwenden.

Teilweise ernten Landwirte die Pflanzen nicht, sondern pflügen sie unter, bevor sie die nächste Kultur aussäen. Durch diese **Gründüngung** kann die Folgekultur den gesamten organisch gebundenen Stickstoff nutzen. In jedem Fall kann die nächste Stickstoffdüngung geringer ausfallen oder sogar

Knöllchen an Wurzeln von junger Ackerbohne

Kontrolle einer Ackerbohne nach mehreren Monaten



ganz entfallen. In der Folgekultur müssen also nur die anderen Nährstoffe gedüngt werden.

Wo Leguminosen wachsen – ob wild oder angebaut, fördern sie die Humusbildung und Bodenfruchtbarkeit, d.h. neben einer artenreichen und biologisch aktiven Tier- und Pflanzenwelt (Bakterien, Pilze, Algen, Milben, Insekten, Würmer, ...) bekommt der Boden eine gute Struktur und eine unge störte Abbaufähigkeit für organisches Material. Messungen zeigen dann u.a. steigende Nährstoffgehalte und Erträge. So bringt z.B. Winterweizen nach Ackerbohnen in Versuchen bis zu 15 Prozent mehr Ertrag. Werden karge Böden fruchtbarer, können dort über kurz oder lang auch andere (Nutz-) Pflanzen wachsen (→ erschließt Flächen für Landwirtschaft, wichtig in Zeiten von hohen Flächenverlusten und steigender Weltbevölkerung).

Darüber hinaus bringt der Anbau von Leguminosen mehr Vielfalt in die Fruchtfolgen auf den Ackerflächen. Vielfalt hilft Schädlinge, Krankheiten usw. in den Beständen der großen Ackerkulturen wie Weizen und Mais einzudämmen. Da Leguminosen sich selber aber meist nicht gut vertragen, brauchen sie Abstand und Anbaupausen von vier bis sechs Jahren. Nicht zuletzt schützt ihr Anbau als Zwischenfrucht auch vor Bodenerosion.



© K.P. Wilbois, FIBL

Aktive Knöllchen erkennt man an ihrer blutroten Färbung, die durch Leghämoglobin entsteht.

Nahrhafte Pflanzen

Die Pflanzen, insbesondere ihre Früchte bzw. Samen, sind eine wichtige Ernährungsgrundlage für Mensch und Tier. Sie liefern dem Körper pflanzliche Eiweiße bzw. Aminosäuren, aber auch Fette (Lipide), Kohlenhydrate und Ballaststoffe, Vitamine und Mineralstoffe.



© Landpixel.de/Christian Mühlhausen

Klee-Gras als eiweißreiches Grünfutter für Rinder

Die Biologische Wertigkeit der Eiweiße ist mittel bis hoch, in Kombination mit z.B. Getreide kann der Körper die Eiweiße noch besser verwerten. Hülsenfrüchte gelten als energiereich und sättigend.

Durch die Stickstoffbindung gedeihen die Leguminosen auf Böden, die sonst weniger – oder kaum – für den Anbau von Nutzpflanzen und die Ernte von (Fr-)Essbarem geeignet wären. Weltweit tragen Leguminosen zur Ernährung der Menschen bei: Entweder verzehren die Menschen die Hülsenfrüchte selbst oder Lebensmittel wie Milch und Fleisch von Tieren, die sie zuvor mit Leguminosen gefüttert haben.

Beispiele für die menschliche Ernährung sind v.a. Bohnen, Erbsen, Linsen, auch Kichererbsen, und Soja – ob klassisch als Gemüse oder modern als Proteinisolat, z.B. in Getränken und „Eiweißriegeln“ für Sportler, und als Ersatzstoff für tierische Eiweiße. So lassen sich z.B. durch lebensmitteltechnologische Verfahren Ei-Ersatz und Fleischersatzprodukte herstellen. Lupinenmehl findet sich z.B. in Backwaren, Stärke aus Futtererbsen z.B. als Bindemittel in Soßen und Desserts.

Typische Futtermittel sind sogenannte Futterleguminosen wie Luzerne und Klee – hier fressen die Tiere fast die

ganze Pflanze (als Heu oder Silage) – und sogenannte Körnerleguminosen wie Futtererbsen, Ackerbohnen und Lupinen – hier bekommen die Tiere nur die zerkleinerten Früchte (Schrot) zusammen mit anderem Futter. Für Schweine eignen sich z.B. die Körner von Futtererbse und Ackerbohne, Wiederkäuer wie Rinder fressen z.B. Klee-gras-Gemisch und Lupinensamen.

METHODISCH-DIDAKTISCHE ANREGUNGEN

Bei dieser Unterrichtseinheit bekommt die Klasse diese Doppelseite abschnittsweise zu lesen. Die Jugendlichen bearbeiten den Text mithilfe von **Arbeitsblatt 1** und eines **Extrablattes (zum Download)**. Die Antworten schreiben sie nieder.

Auch **Arbeitsblatt 2** fordert Textarbeit: Aufgabe 1 eignet sich sogar für den Deutschunterricht.

Aufgabe 2 übt eine klassische Methode der Biologie. Ebenso wie die **Sammelkarte (s. S. 15)**, die den Eiweiß-Nachweis nach Biuret anleitet. Ein toller praktischer Bezug ergibt sich, wenn die Klasse Leguminosen im Schulgarten beobachten kann (s. Linktipps).

LINK- UND MATERIALTIPPS

- » Anknüpfende Materialien in Heft 24 (Hülsenfrüchte), in 16 und 2 (Düngung/Nährstoffe), 20 (Boden) und 15 (Nutztierernährung) unter www.ima-lehrermagazin.de
- » Informationen zu Eiweißpflanzen unter www.ufop.de → Agrar-Info → Verbraucher-Info oder → Aktuelle Meldungen
- » www.thuenen.de/de/thema/biologische-vielfalt/der-wert-der-vielfalt/vielfalt-auf-dem-acker-leguminosen
- » Film unter www.planet-wissen.de → Suche „Leguminosen“
- » www.aid.de → Suche „Leguminosen“
- » www.bodenfruchtbarkeit.org
- » Tipps zur Gründung im Schulgarten unter www.gartensaison.de (z.B. Winterwicke, Luzerne, Blaue Süßlupine, Ackerbohne)



Leguminosen – eine besondere Pflanzenfamilie

Auch wenn du von ihnen vielleicht noch nie gehört hast, Leguminosen (= Hülsenfrüchtler) sind echt wichtig für die Landwirtschaft, also auch für deine Ernährung.

- ① Lies den ersten Absatz der Sachinformation. Fasse in einem Satz zusammen, was das Besondere an Leguminosen ist.
- ② Lies in einem (Online-)Pflanzenführer nach, wie die genannten einheimischen Pflanzenarten wachsen und welche Früchte sie bilden. Schreibe die wichtigsten Infos auf Karteikarten oder Zettel (je Art eine Karte).
- ③ Lies den zweiten Absatz und erkläre die beiden Begriffe „Gründüngung“ und „Bodenfruchtbarkeit“.
- ④ Hier siehst du ein Beispiel für eine 5-feldrige Fruchtfolge (5 Feldfrüchte in 5 Jahren) mit Leguminosen. Schreibe die Namen der Pflanzen an die Fotos.



Winterraps



Winterweizen



Ackerbohne



Winterweizen



Wintergerste

- ⑤ Lies den letzten Absatz der Sachinformation und nenne je drei Beispiele für Leguminosen, die als Nahrung bzw. Futter für Menschen bzw. Tiere dienen.



Zusatzaufgabe

Schaue dir die Grafik zum Stickstoffkreislauf auf dem Extrablatt an. Beschreibe sie in nur fünf Sätzen.

Der Clou mit den Knöllchen

- ① Die Stichworte beschreiben, wie sich Knöllchen bilden und funktionieren. Lies sie dir aufmerksam durch und formuliere sie zu einem Text aus. Den Stil entscheidest du selbst: z. B. wissenschaftlicher Artikel, Sportkommentar, Liebesgeschichte oder Krimi.

Wurzeln senden chemische Signale/Botenstoffe aus → spezifische Rhizobien/Bakterien bewegen sich zur Wurzel → Pflanze erkennt Bakterien → Wurzelzelle umschließt einzelnes Bakterium → Pflanze bekämpft Rhizobien nicht → Bakterien vermehren sich, befallen weitere Zellen der Wurzel(-rinde) → Zellen teilen sich, bilden in wenigen Tagen und Wochen Verdickungen aus → Bakterien nutzen Nährstoffe, Energieträger und Mineralien von Pflanze, z. B. Kohlenhydrate aus Fotosynthese → Zellen und Bakterien bilden Enzyme und andere Stoffe, z. B. das rote Leghämoglobin (bindet „störenden“ Sauerstoff) → junge Knöllchen innen weiß, aktive Knöllchen innen rot → Knöllchen binden/fixieren Stickstoff (N_2) aus Luftbläschen im Boden → wandeln/reduzieren N_2 zu NH_3 (Ammoniak) und Ammonium (NH_4^+) → bauen Aminosäuren (z. B. Glutamin) und andere Bausteine auf → Pflanze bildet Eiweiße und wächst → Knöllchen arbeitet mehrere Wochen, absterbende Knöllchen olivgrün, andere Knöllchen wachsen nach → Pflanze blüht und bildet eiweißreiche Früchte/Samen

„Knöllchenbakterien“ waren die Mikrobe des Jahres 2015, der wissenschaftliche Name Rhizobium bedeutet „in den Wurzeln lebend“. Vor schätzungsweise 100 Millionen Jahren entwickelte sich diese faszinierende Symbiose. Alle Hülsenfrüchtler – zu denen außer Bohne, Erbse, Kichererbse und Erdnuss noch rund 18.000 Arten zählen – können so auf stickstoffarmen Böden wachsen.



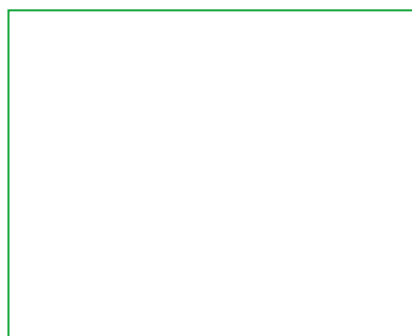
Wurzelknöllchen am Rotklee

- ② Grabt vorsichtig die Wurzeln von ein paar Kleepflanzen aus und spült die Erde ab. Sucht für jeden von euch ein Knöllchen an den Wurzeln und schneidet alle mit einem Messer oder Skalpell auf. Betrachtet sie unter einer Lupe oder einem Makroskop und zeichnet farbig, was zu sehen ist.

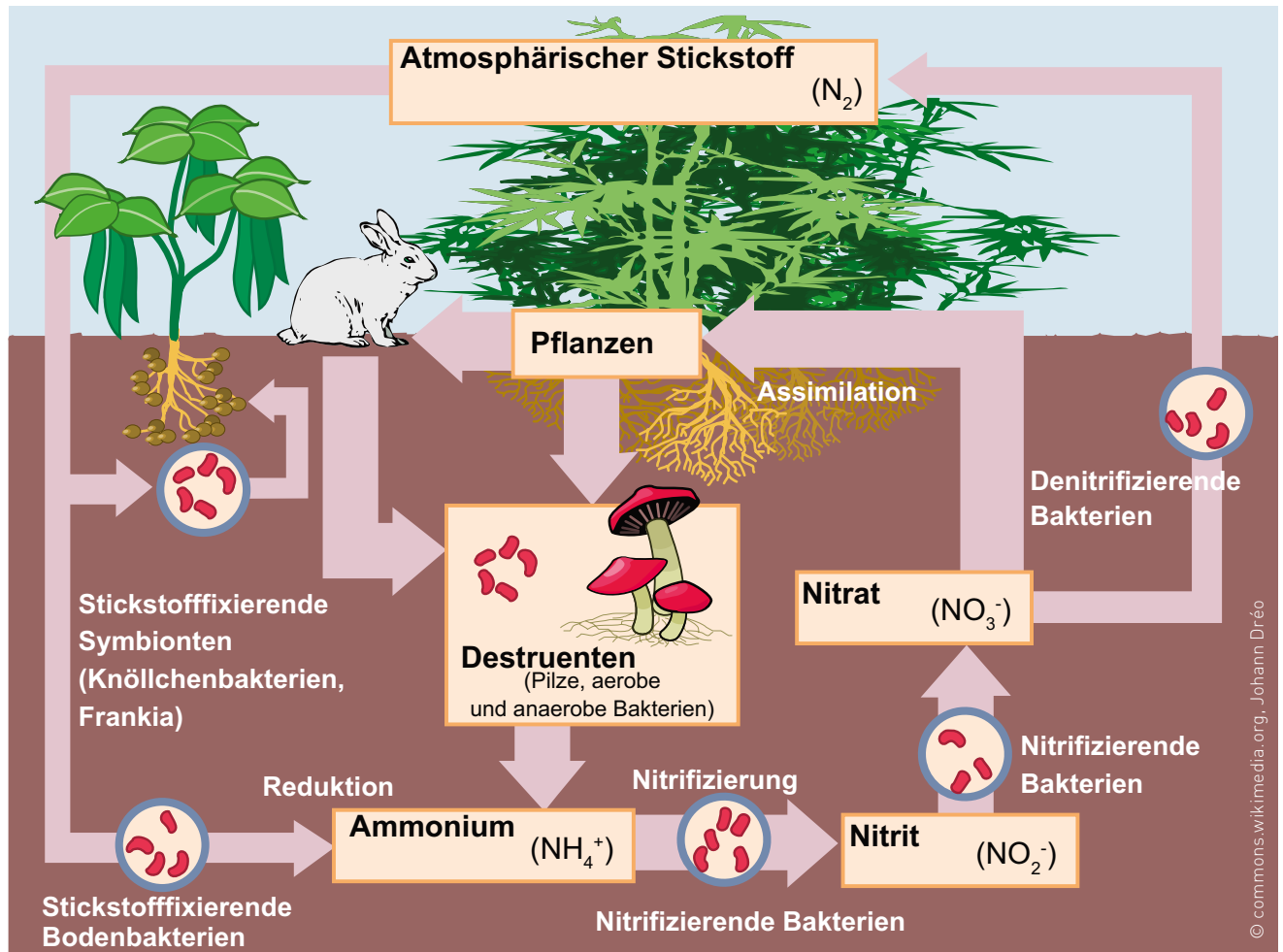


Ihr könnt auch andere Leguminosen nehmen, falls sie bei euch im (Schul-)Garten wachsen.

Mein Knöllchen:



Der Stickstoff-Kreislauf



Lese in deinem Biologie- oder Chemiebuch nach, wie Aminosäuren und Eiweiße aufgebaut sind.